10.22092/sppi.2021.124606

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۷، شماره ۱، سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری

Evaluation and Selection of Safflower (*Carthamus tinctorius* L) Genotypes Under Salinity Stress Conditions

معصومه صالحی[۱] و سید سعید پورداد[۲]

۱- استادیار، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.
۲- استاد، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵

چکیده

صالحی، م. و پورداد، س. س. ۱۴۰۰. ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط تنش شوری. **مجله نهال و بذر ۳۷:** ۱۰۲-۸۳.

به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های گلرنگ به شرایط تنش شوری و انتخاب ژنوتیپ مناسب ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ دریافتی از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شوری صدوق یزد در سال ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ کشت و ارزیابی شدند. سه سطح تنش شوری (۲، ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) درکرت های اصلی و ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ به صورت تصادفی در کرت های فرعی قرار گرفتند. ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در سطوح شوری مختلف و همچنین شاخص‌های تحمل به تنش انجام شد. میانگین کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سال اول و دوم در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به سطح شوری دو دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۳۶ و ۵۱ درصد بود. شاخص‌های STI، MP، GMP، HM، Yis، Yip و MSTI1 همبستگی معنی دار با عملکرد دانه در سه محیط داشتند. تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز نشان داد که مولفه اول نشان دهنده تحمل به تنش و مولفه دوم حساسیت به تنش شوری بود. تجزیه خوشه ای با استفاده از شاخص هایی که با عملکرد دانه همبستگی بالایی داشتند نشان داد که ژنوتیپ‌های ۴،۲۶،۳۴ و ۳۵ برتر از رقم شاهد (فرامان) بودند و در یک گروه قرار گرفتند و ژنوتیپ ۶ در حد شاهد بود. ژنوتیپ‌های انتخابی عملکرد دانه بالاتری در سه شرایط شوری (۱۲ و ۶، ۲ دسی زیمنس بر متر) داشتند. بر اساس نتایج این پژوهش ژنوتیپ‌های LRV-57-57، 26-S6-58-11، محلی کردستان، اصفهان ۴ و PI-537682 به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۱۷۲، ۱۲۰، ۱۵۲، ۱۵۵ و ۱۴۱ گرم در مترمربع درسطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر به عنوان ژنوتیپ های متحمل به شوری انتخاب شدند.

کلمات کلیدی: گلرنگ، عملکرد دانه، شاخص تحمل به تنش، تجزیه به مولفه‌های اصلی، آب شور.

نگارنده مسئول: salehimasomeh@gmail.com تلفن: ۰۳۵۳۵۲۱۸۷۰۱

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی است یک‌ساله از تیره کاسنیان (Asteraceae یا Compositae) است. گیاهی چندمنظوره بومی منطقه خاورمیانه است که از قرن‌ها پیش برای تهیه رنگدانه نارنجی و قرمز و روغن کشت می شود (Jaradat and Shahid, 2006). دانه گلرنگ دارای ۱۸-۱۶ درصد پروتئین است که بعد از استخراج روغن به ۲۴ درصد می‌رسد. کنجاله گلرنگ را به عنوان مکمل پروتئین با کیفیت مطلوب می‌توان مصرف کرد. کنجاله گلرنگ برای انواع دام و طیور مناسب است (Pourdad, 2006).

علاوه بر این گلرنگ گیاهی مناسب برای تناوب در اراضی شور و دیم می‌باشد و به دلیل ریشه‌های عمیق موجب نفوذپذیر شدن خاک و نسبت بالای بقایای باقی مانده از مواد آلی را به دنبال دارد (Pourdad, 2006). گلرنگ در مرحله جوانه‌زنی به شوری حساس می‌باشد. تحت تنش شوری ارتفاع بوته کاهش و ضخامت برگ افزایش می‌یابد. تحت تنش شوری میزان اسید اولئیک در ژنوتیپ‌هایی که دارای میزان بالایی اسید اولئیک هستند مشاهده می‌شود (Yeilaghi *et al*., 2012).

سازکار تحمل به تنش شوری در گلرنگ جلوگیری از ورود سدیم به اندام‌های هوایی می‌باشد. پاتیل (Patil, 2012) نشان داد که میزان تجمع سدیم در ریشه بیشتر از ساقه و برگ است و ریشه توانایی این را دارد که میزان بالایی از سدیم را در ریشه ترسیب کند. تنظیم اسمزی نقش مهمی در سازگاری گیاه به شرایط تنش دارد بویژه در مراحل اولیه تنش شوری این پدیده یکی از مهمترین سازکارهای تحمل به تنش شوری در گیاهان است (Neocleous and Vasilakakis, 2007) که شامل تجمع ترکیباتی مانند قندهای محلول، پرولین، گلیسین بتائین، کلسیم، پتاسیم و ترهالوز می‌باشد (Hussain, *et al*., 2016). بطور کلی این متابولیت ها موجب حفظ تعادل اسمزی، ثبات غشاها و پروتئین می‌شوند (Hasegawa, *et al*., 2000). ژنوتیپ‌هایی که تحمل بالاتری به تنش شوری داشتند میزان بالاتری سدیم را نسبت به ژنوتیپ‌های حساس در اندام‌های هوایی جمع می‌کنند (Ashraf and Fatima, 1995).

شاخص‌های متفاوتی برای بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ ها تحت شرایط تنش وجود دارد. فرناندز (Fernandez, 1992) بر این عقیده است که STI شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش می باشد. در عین حال استفاده از نمودار سه طرفه را در بررسی سه عامل YS,YP و STI بسیار مناسب می‌داند. این شاخص ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد دانه بالا تحت شرایط تنش و بدون تنش هستند از سایر گروهها جدا می‌کند. شاخص TOL از تفاوت عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون

تـنش بدسـت مـی آیـد. میـزان بـالاتر TOL نشان دهنـده حساسیت بیشتر بـه تـنش اسـت و ژنوتیـپ‌هـای انتخـاب شـده بـر اسـاس شـاخص TOL دارای عملکرد بالاتری در شرایط تـنش و پتانسیل عملکرد پایین‌تری در شرایط بدون تنش هستند.

شاخص SSI پایین نیز نشان دهنـده مقاومـت بـه تـنش بیشـتر اسـت. انتخـاب بـر اسـاس شاخص SSI موجب انتخـاب ژنوتیـپ هـایی بـا پتانسیل تولید پایینی می شود که عملکرد بـالایی تحـت شـرایط تـنش دارنـد. روزلـی و هـامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) مقاومـت بـه شـرایط تـنش را تفـاوت بـین عملکـرد دانـه در شرایط تنش و غیر تنش و میانگین عملکرد دانـه در دو محـیط را بـه عنـوان میـانگین تولیـد ذکـر کردند. آنها بیان کردند در صورتی که واریانس ژنتیکی شرایط تنش کمتر از شـرایط غیـر تـنش باشد انتخاب بر اساس مقاومت موجـب انتخـاب ژنوتیپ هایی می شود که در محیط غیـر تـنش عملکـرد دانـه کمتـری دارنـد در ایـن صـورت انتخاب بـر اسـاس میـانگین تولیـد در دو محـیط موجب انتخاب ژنوتیپ هایی می شود که تولیـد بـالایی در هـر دو محـیط دارنـد مگـر اینکـه همبستگی ژنتیکی بین عملکـرد دانـه در شـرایط تنش و غیر تنش منفی باشد که موجـب کـاهش عملکرد دانه در شرایط تنش می شود.

میـانگین عملکـرد دانـه گلرنـگ در شـرایط دیم کشور در کشت های بهاره و پاییزه بترتیـب ۵۷۲ و ۱۰۵۰ کیلـوگرم در هکتـار مـی‌باشـد (Pourdad and Jamshidi Moghadam, 2009).

آبروان (Abravan, 2015) ارقام گلرنگ محلی اصـفهانی، گلدشـت، صـفه، سـینا و فرامـان را در شـرایط شـور ۸ و ۱۴ دسـی زیمـنس بـر متـر بررسی و بیان کـرد در بـین ارقـام بررسـی شـده رقم فرامان بیشترین عملکـرد دانـه را در شـوری ۱۴ دســی زیمــنس بــر متــر داشــت و بطــور کلــی عملکــرد دانــه در شــرایط شــور بــه شـدت کـاهش یافـت. از آنجـایی کـه در میـان ژنوتیپ‌های گلرنگ تنوع زیادی مشـاهده شـده اسـت (Jaradat and Shahid, 2006)، احتمـال اینکـه بتـوان ژنوتیـپ‌هـایی بـا پتانسـیل عملکـرد بالاتر در شرایط شور را شناسایی و انتخاب کرد وجود دارد.

هــدف ایــن پــژوهش بررســی ۱۸ ژنوتیــپ گلرنگ برتر آزمایش مقدماتی در طـی دو سـال در سـه سـطح شـوری و گـزینش ژنوتیـپ هـای سازگار جهت کشت در شرایط شور بود.

مواد و روش‌ها

در ایــن پــژوهش اثــر تــنش شــوری بــر ۱۸ ژنوتیپ گلرنـگ دریـافتی از موسسـه تحقیقـات کشاورزی دیم کشور در سه سطح شـوری ۲، ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر بصـورت کـرت هـای خـــرد شـــده در قالـــب طـــرح بلـــوک‌هـــای کامل تصادفی با سـه تکـرار در دو سـال زراعـی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ ایستگاه تحقیقات شوری صدوق مرکز ملی تحقیقات شوری یـزد بررسـی شد (جدول۱).

جدول ۱- شماره و نام ژنوتیپ‌های مورد بررسی گلرنگ تحت تنش شوری

Table 1. Number and name of safflower genotypes evaluated under saline conditions

شماره ژنوتیپ Genotype no.	ژنوتیپ Genotypes name	شماره ژنوتیپ Genotype no.	ژنوتیپ Genotypes name
3	Faraman (check)	26	Local Kurdistan
4	LRV-57-57	34	Isfahan- 4
6	26-s6-58-11	35	PI-537682
7	308LR5/S3/697	41	PI-198290
11	825-/59	43	47
15	32-PACIFIC-3164	45	Isfahan- 3
23	750/S3	47	PI-253384
24	12-LRV-55/277	48	PI-250190
25	Goushkhani Dorosht	49	PI-253559

زمین در سال قبل بصورت آیش بود. بعد از آماده‌سازی زمین با شخم و دیسک کرت بندی انجام شد و بذر هر ژنوتیپ در شش خط به طول دو متر و با فاصله ردیف ۳۰ سانتیمتر کشت شدند. همزمان با کشت کود فسفات آمونیوم و اوره به میزان ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. بعد از سبزشدن پنج نوبت آبیاری انجام شد. منبع آب چاه بود که شوری آب چاه و خاک محل آزمایش در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. با مخلوط کردن آب چاه با آب شیرین شوری آب در هر نوبت آبیاری تنظیم شد. میانگین شوری در منطقه توسعه ریشه در طول فصل زراعی در طی دو سال در جدول ۴ ارائه شده است. در طول فصل زراعی مراحل رشدی یادداشت برداری شد و بعد از رسیدگی برای عملکرد دانه دو خط وسط برداشت شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده نرم افزار SAS انجام شد. تجزیه کلاستر؛ تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه همبستگی با استفاده از نرم افزار Statgraphic انجام گردید و ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند.

برای تجزیه واریانس داده‌ها ابتدا از آزمون بارتلت انجام شد. مقدار کای مربع (۸۷/۶۱) معنی‌دار بود که بیانگر ناهمگن بودن واریانس اشتباهات آزمایشی بود. بنابراین تجزیه واریانس با استفاده از برنامه SAS برای هر سال جداگانه انجام شد. شاخص‌های تحمل به تنش با استفاده از روش های انور و همکاران (Anwar *et al*., 2011) محاسبه شدند. جهت انجام محاسبات شاخص ها از داده‌های عملکرد دانه در شرایط غیر شور و شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر استفاده شد.

شاخص تحمل (TOL) $Tol = Y_p - Y_s$

میانگین حسابی عملکرد (MP) $Mp = \frac{Y_s + Y_p}{2}$

میانگین هارمونی (HM) $HM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{(Y_p + Y_s)}$

شاخص حساسیت به تنش (SSI)

$$SI = 1 - \frac{\hat{Y}_s}{\hat{Y}_p} \quad SSI = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{SI}$$

جدول ۲- تجزیه نمونه خاک قبل از شروع آزمایش

Table 2. Soil analysis before starting experiment

شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) ECe	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	کلر Cl	کربنات CO_3^{-2}	بیکربنات HCO_3^-	سولفات SO_4^{-2}	نسبت سدیم قابل جذب SAR	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) P	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) K_{av}
$dS\ m^{-1}$	meq l^{-1}									mg kg^{-1}	
7.5	45.1	12.2	10.6	52.2	ns	2.3	13.9	13.3	0.38	42.5	137

جدول ۳- کیفیت آب آبیاری ایستگاه تحقیقات شوری صدوق

Table 3. Quality of irrigation water of Saduogh salinity research station

منبع آب آبیاری Source of irrigation water	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) ECe ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	نسبت سدیم قابل جذب SAR	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	کربنات CO_3^{-2}	بیکربنات HCO_3^-	کلر Cl^-	سولفات SO_4^{-2}
				meq l^{-1} (میلی اکی والان در لیتر)						
Saline water آب شور	14.52	7.30	23.18	104.57	13.20	28.52	0.0	3.30	134.0	8.99

جدول ۴- شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) در تیمارهای مختلف آبیاری شده با آب شور

Table 4. Electrical conductivity (EC_e) of the saturated soil extract in different treatments irrigated with saline water

شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Water salinity ($dS\ m^{-1}$)	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) در سال ۹۶-۱۳۹۵ ECe ($dS\ m^{-1}$) in 2016-17	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر) در سال ۹۷-۱۳۹۶ ECe ($dS\ m^{-1}$) in 2017-18
2	4.89	5.70
6	10.88	6.15
12	15.36	10.15

میانگین عملکرد هندسی (GMP)

$$GMP=(Y_p \times Y_p)^{1/2}$$

شاخص عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش (YI)

$$YI=\frac{Y_s}{\hat{Y}_s}$$

شاخص پایداری عملکرد (YSI)

$$YSI=\frac{Y_s}{Y_p}$$

شاخص تحمل تنش (STI)

$$STI=\frac{Y_p \times Y_s}{(\hat{Y}_p)^2}$$

شاخص تغییر یافته تنش (MSTI)

$$MSTI = Ki \times STI$$

$$K1=\frac{Y_p^2}{(\hat{Y}_p)^2} \text{ و } K2=\frac{Y_s^2}{(\hat{Y}_s)^2}$$

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده نشان داد که اثر تنش شوری، ژنوتیپ و اثر متقابل شوری × ژنوتیپ بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل شوری × ژنوتیپ بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود. از آنجایی که اشتباه آزمایشی با افزایش شوری کاهش یافت علی رغم معنی‌دار نشدن اثر متقابل شوری × ژنوتیپ، ژنوتیپ‌ها در هر سطح شوری جداگانه بررسی شدند و از روش برش دهی فیزیکی اثر متقابل استفاده شد. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در سطح شوری ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در سطح پنج و یک درصد و در سطح شوری دو دسی زیمنس معنی‌دار نبود. برای وزن هزار دانه نیز تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر معنی‌دار بود (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثر ساده در سطوح مختلف شوری نشان داد که تفاوت اثر سطوح شوری بر عملکرد دانه در سال اول معنی‌دار بود ولی در سال دوم سطح شوری شش دسی زیمنس بر متر با آب شیرین تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). اندازه‌گیری شوری عصاره اشباع خاک در منطقه توسعه شوری نشان داد که در سال دوم در سطح شوری شش دسی زیمنس بر متر، شوری خاک نیز بیشتر از شش دسی زیمنس بر متر برتر نبود ولی در سال اول ۱۰ دسی زیمنس بر متر بود.

جدول ۵- تجزیه واریانس برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ در شرایط تنش شوری

Table 5. Analysis of variance for seed yield of safflower genotypes under salinity stress coditions

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	۱۳۹۵-۹۶ 2016-17	۱۳۹۶-۹۷ 2017-18
Replication	تکرار	2	4178.30*	32705.70
Salinity (S)	شوری	2	37195.00**	213885.20**
Error 1	اشتباه ۱	6	548.00	7384.90
Genotype (G)	ژنوتیپ	17	5052.90**	12580.60**
G × S	ژنوتیپ × شوری	34	861.80	4532.80**
Error 2	اشتباه۲	59	651.20	1410.00
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		21.60	19.80

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ویک درصد.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۶- تجزیه واریانس برای عملکرد دانه ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ در سطوح مختلف شوری (برش دهی فیزیکی بر اساس سطوح شوری)

Table 6. Analysis of variance for seed yield of 18 genotypes of safflower under different salinity levels (Physical slicing based on salinity levels)

			Salinity levels ($dS\ m^{-1}$) سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر)					
			------------**2**------------		------------**6**-----------		------------**12**------------	
S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی **df**	عملکرد دانه ۹۶-۱۳۹۵ Seed yield 2016-17	عملکرد دانه ۹۷-۱۳۹۶ Seed yield 2017-18	عملکرد دانه ۹۶-۱۳۹۵ Seed yield 2016-17	عملکرد دانه ۹۷-۱۳۹۶ Seed yield 2017-18	عملکرد دانه ۹۶-۱۳۹۵ Seed yield 2016-17	عملکرد دانه سال ۹۷-۱۳۹۶ Seed yield 2017-18
Replication	تکرار	2	1947.90	13933.80**	568.20	32062.90**	2758.10**	1478.80
Genotype	ژنوتیپ	17	1592.30	7322.60**	2772.60*	4977.20**	2411.60**	93045.30**
Error	اشتباه	34	839.40	1658.10	768.30	1690.40	345.80	884.10
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		20.00	17.40	23.70	18.90	20.10	25.40

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ویک درصد.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) ژ نوتیپ‌های گلرنگ در سطوح مختلف شوری

Table 7. Mean comparison of seed yield ($g\ m^{-2}$) of safflower genotypes under saline condition

شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر) Water salinity ($dS\ m^{-1}$)	عملکرد دانه سال ۹۶-۱۳۹۵ Seed yield 2016-17	درصد کاهش عملکرد دانه Seed yield reduction (%)	عملکرد دانه ۹۷-۱۳۹۶ Seed yield 2017-18	درصد کاهش عملکرد دانه Seed yield reduction (%)
2	144.8	-	239.9	-
6	116.8	19.30	216.9	9.50
12	92.3	36.20	116.8	51.30
LSD5%	12.5		45.9	

فیضـی و همکـاران (Feizi, *et al*., 2010) آسـتانه تحمـل بـه تـنش شـوری گلرنـگ را ۶/۴ دسـی زیمـنس بـر متـر و شـیب خـط را ۱۱/۸۲ درصد گـزارش کردنـد. باسیل و کافکـا (Bassil and Kaffka, 2002) میـزان کـاهش عملکرد دانـه در شـوری عصـاره اشـباع خـاک ۷/۲، ۱۰/۶ و ۱۲/۸ دسـی زیمـنس بـر متـر را بـه ترتیـب ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصـد گـزارش کردنـد. میـزان کـاهش عملکـرد دانـه بسـتگی بـه سـال داشت در سال اول عملکرد دانه کلیه ژنوتیپ‌ها پـایین‌تـر از سـال دوم بـود و در سـال اول میـزان کـاهش نیـز در شـوری ۱۲ دسـی زیمـنس بـر متر ۳۶ درصد بود، در حالی که در سال دوم ۵۰ درصد کـاهش مشـاهده شـد. حسـین و الـدخیل (Hussain and Al-Dakheel, 2018) میـزان کاهش عملکرد دانه هشت ژنوتیـپ گلرنـگ را در شوری ۷ و ۱۴ دسی زیمنس بر متر به ترتیـب ۲۵ و ۴۵ درصد گزارش کردند.

گلرنــگ جــزو گیاهــان نیمــه متحمــل بـــه تـــنش شـــوری شـــناخته مـــی شـــود (Wallender and Tanji, 2011) و شـوری بالاتر از ۱۰ دسی زیمنس بـر متـر عصـاره اشـباع خاک عملکرد دانه را بیشتر از ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. در صورتی که ضریب آبشـویی ۲۰-۱۵ درصد باشد شوری آب آبیـاری مناسـب جهـت برداشت ۸۰ درصد عملکرد دانه بـین ۷-۶ دسـی زیمنس بر متر است.

مقایسه میانگین عملکرد دانـه ژنوتیـپ‌هـا در سال دوم نشـان داد کـه بـین ژنوتیـپ‌هـا تفـاوت معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکـرد دانـه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شـماره ۳۴، ۲۶، ۴، ۳۵ و ۶ بود که عملکرد دانه ۱۵۳ تا ۱۳۲ گرم در متر مربع داشتند (شکل 1a). درصـد کـاهش عملکرد دانه با افزایش شوری نسبت بـه محـیط غیر شور در شوری شش دسـی زیمـنس بـر متـر بین ۶۲-۱درصد و در شوری ۱۲ دسـی زیمـنس بر متر بین ۶۴-۱۳ درصد بود. ژنوتیپ شماره ۲۶ بـا عملکـرد دانـه ۱۵۹ گـرم در متـر مربـع دارای درصد کاهش عملکرد دانـه ۱۲ و ۱۴ درصـد بـه ترتیب در سطح شوری ۶ و ۱۲ دسی زیمنس بـر متـر بـود و جـزو برتـرین ژنوتیـپ‌هـا از لحـاظ عملکـرد دانـه در شـرایط شـور و غیرشـور بـود (جدول ۸). ژنوتیـپ شـماره ۶ بـا عملکـرد دانـه ۱۸۸ گرم در متر مربـع درصـد کـاهش عملکـرد دانـه بـه ترتیـب ۳۰ و ۴۷ درصـد داشـت و جـزو ژنوتیپ‌هایی اسـت کـه بـرای منـاطق بـا شـوری کمتر می‌تواند مدنظر قرار گیـرد. ژنوتیـپ هـای شماره ۲۴ و ۲۵ با عملکرد دانه ۱۰۳ و ۱۱۷ گـرم در متر مربع دارای درصد کاهش عملکرد دانه به ترتیـب ۱۹ و ۱۵ درصـد بودنـد. ژنوتیـپ هـای شـماره ۴، ۱۱ و ۱۵ بـه ترتیـب بـا عملکـرد دانـه ۱۶۱، ۱۴۶، ۱۵۲ گرم در متر مربع دارای درصـد کـاهش عملکـرد دانـه بـه ترتیـب ۳۲، ۲۲ و ۲۵ درصد بودند. ژنوتیپ شماره ۳۴ و ۳۵ با عملکرد دانه ۱۶۲ و ۱۵۹ گرم در متر مربـع دارای درصـد کاهش عملکرد دانه بـه ترتیـب ۱۳ و ۱۹ درصـد بودند.

بیشترین عملکرد دانه در محیط غیر شـور در

جدول ۸- شاخص‌های تحمل به تنش، درصد کاهش عملکرد دانه در دو سطح شوری ۱۲ و شش دسی زیمنس بر متر برای ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ

(داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

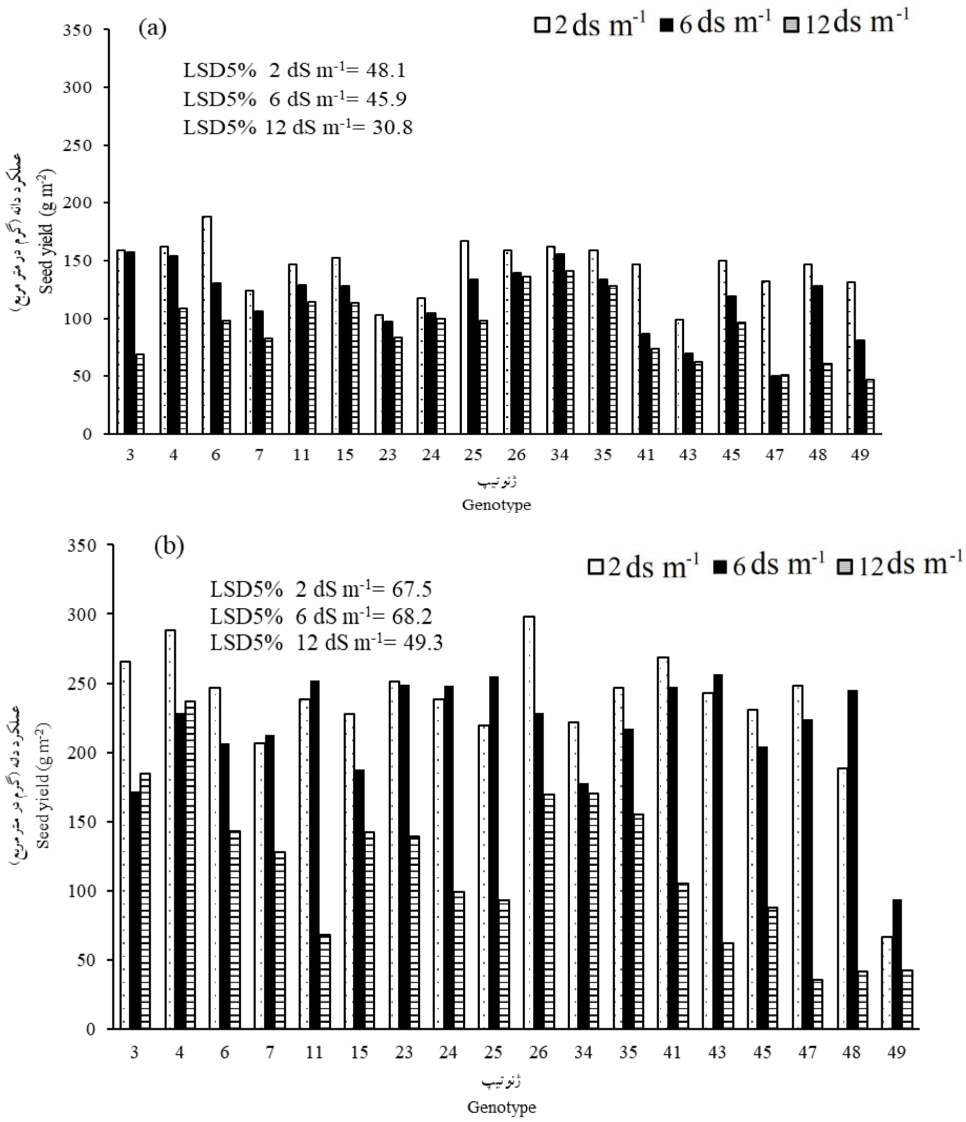
Table 8. Stress tolerance index, yield reduction at 6 and 12 dS m^{-1} levels of water salinity for 18 genotypes of safflower

(Data were average of 2016-17 and 2017-18)

شماره ژنوتیپ Genotype no.	شاخص تحمل TOL	میانگین حسابی عملکرد MP	میانگین هارمونی HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	میانگین هندسی عملکرد GMP	شاخص تحمل تنش STI	شاخص عملکرد در شرایط تنش Yis	شاخص عملکرد در شرایط بدون تنش Yip	شاخص پایداری عملکرد YSI	شاخص تغییر یافته تنش ۱ MSTI1	شاخص تغییر یافته تنش ۲ MSTI2	درصد کاهش عملکرد دانه Seed yield reduction (%)	
												6 dS m^{-1}	12 dS m^{-1}
3	85.32	169.45	158.71	0.90	13446.23	0.50	1.09	0.91	0.60	0.41	0.58	0.00	40.22
4	52.41	198.75	195.30	0.52	19407.93	0.72	1.48	0.97	0.77	0.67	1.56	0.00	23.30
6	96.99	169.12	155.21	1.00	13124.84	0.48	1.03	0.93	0.55	0.42	0.52	22.50	44.57
7	59.93	135.23	128.59	0.81	8695.18	0.32	0.90	0.71	0.64	0.16	0.26	3.56	36.28
11	101.46	141.84	123.70	1.18	8772.43	0.32	0.78	0.83	0.47	0.22	0.20	1.04	52.69
15	62.32	159.08	152.98	0.73	12167.67	0.45	1.09	0.82	0.67	0.30	0.54	17.11	32.76
23	65.86	144.23	136.71	0.83	9859.04	0.36	0.95	0.76	0.63	0.21	0.33	0.00	37.18
24	78.48	138.71	127.61	0.99	8850.84	0.33	0.85	0.76	0.56	0.19	0.24	0.80	44.10
25	97.66	144.31	127.79	1.13	9220.40	0.34	0.82	0.83	0.49	0.23	0.23	0.00	50.56
26	75.81	190.87	183.34	0.74	17496.67	0.64	1.31	0.98	0.67	0.62	1.10	19.61	33.14
34	36.46	173.70	171.79	0.43	14920.36	0.55	1.33	0.82	0.81	0.37	0.97	13.21	19.00
35	61.57	172.23	166.73	0.68	14358.32	0.53	1.21	0.87	0.70	0.40	0.78	13.57	30.33
41	118.31	148.58	125.03	1.28	9288.02	0.34	0.77	0.89	0.43	0.27	0.20	19.61	56.95
43	108.87	116.74	91.36	1.43	5332.54	0.20	0.53	0.73	0.36	0.11	0.06	4.72	63.60
45	98.20	141.06	123.97	1.16	8744.09	0.32	0.79	0.82	0.48	0.21	0.20	14.87	51.64
47	146.61	116.55	70.44	1.73	4105.16	0.15	0.37	0.81	0.23	0.10	0.02	27.86	77.22
48	116.67	109.28	78.14	1.56	4269.74	0.16	0.44	0.72	0.30	0.08	0.03	0.00	69.60
49	54.28	71.86	61.61	1.23	2213.91	0.08	0.38	0.42	0.45	0.01	0.01	11.68	54.83

TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, HM Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, GMP: Geometric mean productivity, STI: Stress tolerance index, Yis: Yield under stress conditions, Yip: Yield under non-stress conditions, YSI: Yield stability index, MSTI: Modified stress tolerance index.

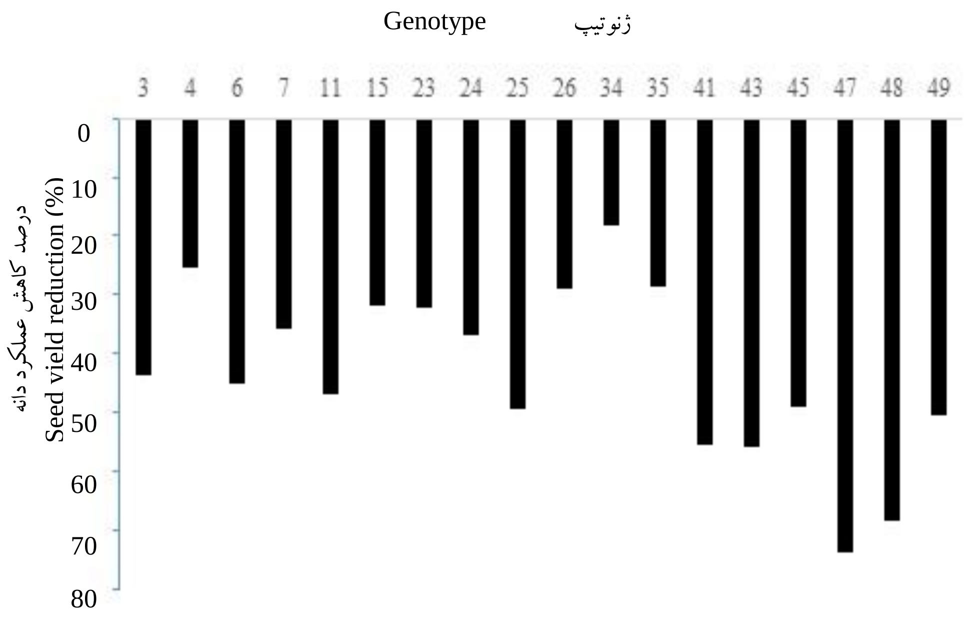
سال دوم به ترتیب برای ژنوتیپ های شماره ۲۶ و ۴ شد و در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بیشترین عملکرد دانه به ترتیب متعلق به ژنوتیپ های شماره ۴، ۳۴، ۲۶ و ۳ بود. درصد کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در سطح شوری شش دسی زیمنس بر متر بین ۳۵-۰ درصد و در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر بین ۸۵ -۱۷ درصد بود. کمترین درصد کاهش عملکرد دانه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به غیر شور برای ژنوتیپ ۴ مشاهده شد. برای ژنوتیپ‌ها ۳۴، ۲۶ و ۳ به ترتیب ۲۳، ۴۳ و ۳۰ درصد کاهش عملکرد دانه مشاهده شد (شکل 1b).



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در سه سطح شوری: (a) سال ۹۶-۱۳۹۵ و (b) ۹۷-۱۳۹۶

Fig. 1. Mean comparison of seed yield of safflower genotypes at three levels of salinity: (a) 2016-17 and (b) 2017-18

میزان کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در میانگین دو سال در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری دو دسی زیمنس بر متر بین ۱۸-۷۳ درصد بود. بیشترین کاهش عملکرد دانه به ترتیب برای ژنوتیپ های شماره ۴۷ و ۴۸ و کمترین میزان به ترتیب برای ژنوتیپ های شماره ۳۴ و ۳۵ مشاهده شد (شکل ۲). درصد کاهش عملکرد دانه رقم فرامان ۴۳ درصد بود. نتایج نشان داد تنوع زیادی در میان ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد مطالعه برای تحمل به تنش شوری وجود داشت. حسین و الدخیل (Hussain and Al-Dakheel, 2018) گزارش کردند کردند که ژنوتیپ‌هایی که در شرایط غیر شور عملکرد دانه بالایی دارند در شرایط شور نیز دارای عملکرد دانه بالایی هستند گرچه برخی ژنوتیپ‌ها سازگاری بیشتری در شرایط شور نشان می‌دهند و پتانسیل عملکرد دانه خوبی دارند. ژنوتیپ شماره ۳۴ در میانگین شوری عصاره اشباع خاک ۱۳ دسی زیمنس بر متر با ۳۰ درصد ضریب آبشویی حدود ۱۸ درصد کاهش عملکرد دانه داشت. در صورتی که ضریب آبشویی به میزان ۲۰ درصد کاهش یابد حد مجاز شوری آب آبیاری مورد استفاده برای حصول ۸۰ درصد عملکرد دانه این ژنوتیپ ۱۰ دسی زیمنس بر متر است.



شکل ۲- درصد کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر نسبت به شوری دو دسی زیمنس بر متر (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Fig. 2. Seed yield reduction of safflower genotypes in 12 dS m^{-1} relative to 2 dS m^{-1} level (Data were average of 2015-16 and 2016-17)

به منظور انتخاب بهترین شاخص تحمل به تنش رابطه بین Ys و Yp و سایر شاخص‌های تحمل به تنش بررسی شدند. کمترین مقدار شاخص SSI و TOL برای ژنوتیپ شماره ۳۴ و بیشترین مقدار برای ژنوتیپ ۴۷ مشاهده شد. شاخص SSI موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که دارای تحمل بیشتری هستند ولی لزوما پتانسیل تولید بالایی ندارند. شاخص TOL تغییرات حاصل از میزان تنش را نشان می‌دهد و هرچه میزان این شاخص کمتر باشد حساسیت به تنش کمتر است (جدول ۸). مقادیر بالای شاخص بهره‌وریMP تحمل نسبی به تنش را نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در ژنوتیپ شماره ۴ و کمترین آن برای ژنوتیپ های شماره ۴۹ مشاهده شد. شاخصGMP وSTI موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شوند که در هر دو محیط عملکرد دانه بالایی دارند بیشترین مقدار در ژنوتیپ شماره ۴ و کمترین مقدار در ژنوتیپ شماره ۴۹ مشاهده شد. در میانگین دو سال کمترین درصد کاهش عملکرد دانه را ژنوتیپ شماره ۳۴ و بیشترین درصد کاهش ژنوتیپ شماره ۴۷ نشان دادند (جدول ۸).

در میان شاخص‌های مورد بررسی شاخصی مناسب است که دارای بیشترین همبستگی با عملکرد دانه در سه سطح شوری باشد. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه در شرایط غیر شور همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر داشت ($r = 0.675^{**}$) (جدول ۹). همبستگی بین شرایط غیر شور و سطح شوری ۶ دسی زیمنس بر متر نیز مثبت و معنی‌دار بود ($r = 0.709^{**}$) که نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که دارای پتانسیل عملکرد دانه بالایی هستند در شرایط شور نیز عملکرد دانه بالایی دارند (جدول ۹). حسین و الدخیل (Hussain and Al-Dakheel, 2018) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند با اینحال بیان کردند که برخی ژنوتیپ‌ها سازگاری بیشتری به شرایط شور دارند.

عملکرد دانه در شرایط شور همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های MP، HM، GMP، STI، Yis، Yip و MSTI1 داشت (جدو ل۹). با توجه به همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در سه سطح شوری و همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های انتخابی با یکدیگر این شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند (جدول ۹). پورداد و همکاران (Pourdad *et al*., 2008) گزارش کردند شاخص STI جهت گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ درشرایط تنش خشکی مناسب است. ملکی نژاد و مجیدی (Maleki Nejad and Majidi, 2015) سه شاخص MP، GMP و STI را جهت گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی انتخاب کردند. خلیلی و همکاران (Khalili *et al*., 2014) بیان کردند شاخص‌های STI، MP، GMP و YI برای گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری با شاخص‌های تحمل به تنش گلرنگ (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Table 9. Correlation coefficient among seed yield under saline condition with stress tolerance indices of safflower

(Data were average of 2016-17 and 2017-18)

		شاخص تحمل TOL	میانگین حسابی عملکرد MP	میانگین هارمونی HM	شاخص حساسیت به تنش SSI	میانگین هندسی عملکرد GMP	شاخص تحمل تنش STI	شاخص عملکرد در شرایط تنش Yis	شاخص عملکرد در شرایط بدون تنش Yip	شاخص پایداری عملکرد YSI	شاخص تغییر یافته تنش ۱ MSTI1	شاخص تغییر یافته تنش ۲ MSTI2	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) در سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) Seed yield (g m^{-2}) at different salinity levels (dS m^{-1}) 2	6	12
TOL	شاخص تحمل	1													
MP	میانگین عملکرد	-0.348	1												
HM	میانگین هارمونی	-0.558*	0.968**	1											
SSI	شاخص حساسیت به تنش	0.879**	-0.743**	-0.878**	1										
GMP	میانگین هندسی عملکرد	-0.517*	0.974**	0.987**	-0.839**	1									
STI	شاخص تحمل تنش	-0.519*	0.974**	0.986**	-0.839**	1.000**	1								
YIS	شاخص عملکرد در شرایط تنش	-0.649**	0.939**	0.990**	-0.925**	0.980**	0.980**	1							
YIP	شاخص عملکرد در شرایط بدون تنش	0.114	0.892**	0.757**	-0.364	0.782**	0.781**	0.681**	1						
YSI	شاخص پایداری عملکرد	-0.878**	0.743**	0.877**	-1.000**	0.839**	0.840**	0.925**	0.364	1					
MSTI1	شاخص تغییر یافته تنش ۱	-0.382	0.943**	0.924**	-0.710**	0.969**	0.969**	0.906**	0.814**	0.711**	1				
MSTI2	شاخص تغییر یافته تنش ۲	-0.592**	0.867**	0.892**	-0.814**	0.942**	0.943**	0.921**	0.632**	0.816**	0.936**	1			
Seed yield in 2 dS/m	عملکرد دانه در شوری دو دسی زیمنس بر متر	0.118	0.890**	0.754**	-0.359	0.780**	0.778**	0.678**	1.000**	0.360	0.813**	0.630**	1		
Seed yield in 6 dS/m	عملکرد دانه در شوری شش دسی زیمنس بر متر	0.076	0.635**	0.553*	-0.270	0.528*	0.529*	0.488*	0.716**	0.266	0.496*	0.388	0.709**	1	
Seed yield in 12 dS/m	عملکرد دانه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر	-0.653**	0.937**	0.990**	-0.927**	0.979**	0.980**	1.000**	0.678**	0.927**	0.904**	0.920**	0.675**	0.485*	1

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

TOL: Tolerance, MP: Mean productivity, HM Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, GMP: Gemetric mean productivity, STI: Stress tolerance index, Yis: Yield under stress conditions, Yip: Yield under non-stress conditions, YSI: Yield stability index, MSTI: Modified stress tolerance index.

تنش خشکی و بدون تنش مناسب هستند. بنابراین نیاز بود این شاخص‌ها در شرایط تنش شوری نیز برای گلرنگ ارزیابی شوند.

برای رسم نمودار بای پلات ابتدا تجزیه به مولفه‌های اصلی انجام شد و دو مولفه اول و دوم ۹۸ درصد تغییرات را توجیه کردند (جدول ۱۰). مولفه اول ۷۸ درصد تغییرات را توضیح داد و بیشترین سهم را به ترتیب عملکرد دانه در شرایط شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر، GMP، STI و Yis داشتند. بنابراین این مولفه به عنوان مولفه تحمل به تنش نامگذاری شد. مولفه دوم ۱۶/۸ درصد تغییرات را نشان داد که در آن شاخص TOL و SSI و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری شش دسی زیمنس بر متر به ترتیب بیشترین سهم را داشتند و این مولفه به عنوان حساسیت به تنش نامگذاری شد. انتخاب براساس مولفه دوم موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که حساسیت به تنش بیشتری دارند.

جدول ۱۰- تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های گلرنگ (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Table 10. Principle component analysis of stress tolerance indices of safflower genotypes (Data were average of 2016-17 and 2017-18)

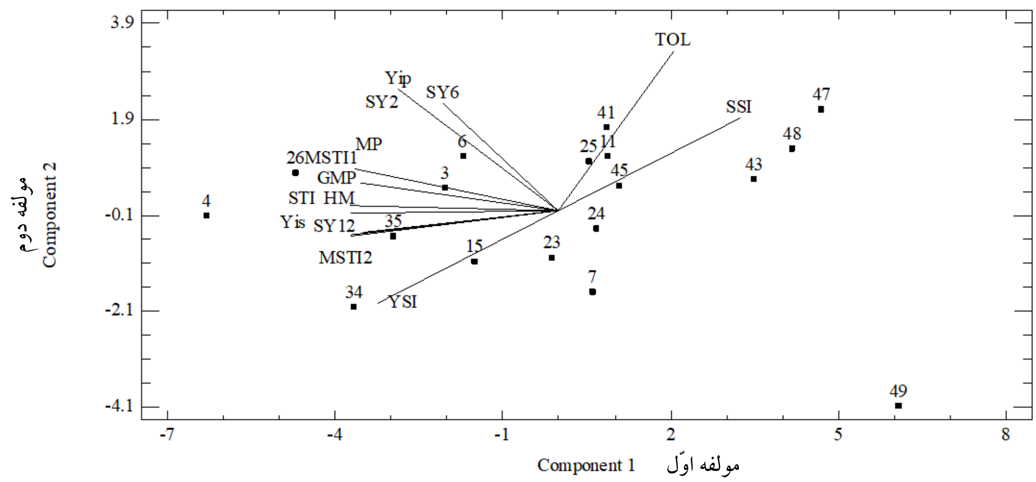
		مولفه‌ها Components	
Index	شاخص	1	2
TOL	شاخص تحمل	0.17	0.54
MP	میانگین حسابی عملکرد	-0.29	0.14
HM	میانگین هارمونی	-0.30	-0.01
SSI	شاخص حساسیت به تنش	0.26	0.31
GMP	میانگین عمکرد هندسی	-0.30	0.02
STI	شاخص تحمل تنش	-0.30	0.01
Yis	شاخص عملکرد در شرایط تنش	-0.30	-0.08
Yip	شاخص عملکرد در شرایط بدون تنش	-0.23	0.41
YSI	شاخص پایداری عملکرد	-0.26	-0.31
MSTI1	شاخص تغییر یافته تنش ۱	-0.29	0.09
MSTI2	شاخص تغییر یافته تنش ۲	-0.28	-0.07
Seed yield in salinity of 2 dS m^{-1}	عملکرد دانه در شوری دو دسی زیمنس بر متر	-0.23	0.41
Seed yield in salinity of 6 dS m^{-1}	عملکرد دانه در شوری شش دسی زیمنس بر متر	-0.17	0.36
Seed yield in salinity of 12 dS m^{-1}	عملکرد دانه در شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر	-0.30	-0.09
Eigenvalue	مقادیر ویژه	10.92	2.36
Cumulative variance	واریانس تجمعی	78.01	94.86

ابوالحسنی و سعیدی (Abolhasani and Saeidi, 2006) از تجزیه به مولفه‌های اصلی برای ارزیابی شاخص‌ها تحمل به تنش در گلرنگ استفاده کردند و

گزارش نمودند دو مولفه اول و دوم ۹۹ درصد از تغییرات را توجیه کردند. سهم مولفه اول از تغییرات کل ۷۲ درصد بود و Yp، YS، MP و STI به ترتیب بیشترین سهم را داشتند و آن را پتانسیل تولید نامگذاری کردند.

نیکفر و سعیدی (Nikfar and Saeedi, 2015) ژنوتیپ‌های گلرنگ را تحت شرایط تنش خشکی بررسی کردند و گزارش کردند که دو مولفه اول و دوم ۹۸ درصد تغییرات را توجیه کردند و مولفه اول ۶۳ درصد تغییرات را توضیح داد که در این مولفه عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و MP بیشترین سهم را داشتند و مولفه پتانسیل عملکرد دانه نامگذاری شد ولی مولفه دوم بیشترین سهم را در SSI و TOL داشتند و آن را مولفه حساسیت به تنش نامگذاری کردند. گل‌پرور و پیربلوطی (Golparvar and Pirbalouti, 2008) نیز برای مولفه اول همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص‌های STI و GMP و عملکرد دانه مشاهده کردند و آنرا به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد دانه و تحمل به تنش خشکی نامگذاری کردند.

در نمایش بای پلات هرچه زاویه خطوط با یکدیگر کمتر باشد نشان دهنده همبستگی بالاتر است (شکل ۳). کلیه شاخص‌ها بجز TOL و SSI همبستگی مثبتی با عملکرد دانه در شرایط شور و غیر شور نشان دادند. البته شاخص TOL و SSI نیز در جهت مخالف قرار گرفتند و همبستگی نشان دادند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست تصویر قرار گرفتند متحمل به تنش و ژنوتیپ‌های که در سمت چپ تصویر قرار دارند حساس به تنش شوری بودند (شکل ۳).

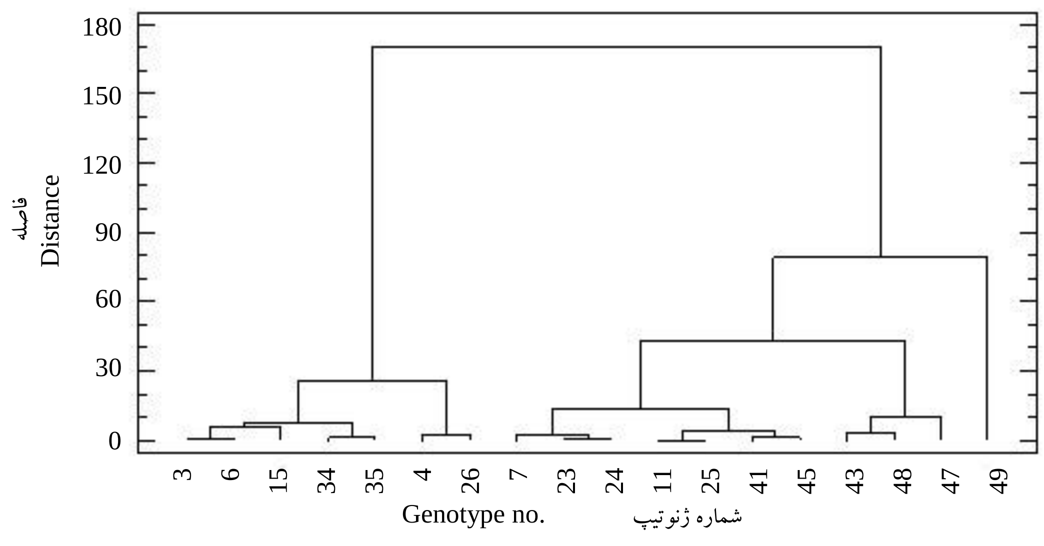


شکل ۳- بای پلات پراکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس دو مولفه اول و دوم موثر بر عملکرد دانه (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Fig 3. Bi plot of distribution of safflower genotypes based on the two first components which were effective on seed yield (Data were average of 2016-17 and 2017-18)

تجزیه خوشه ای به روش وارد به منظور دسته بندی ژنوتیپ‌ها و گزینش نهایی ژنوتیپ‌ها براساس شاخص‌هایی که بیشترین همبستگی را با یکدیگر و با عملکرد دانه در سه سطح شوری و غیرشور داشتند، انجام شد (شکل ۴). تجزیه خوشه ای برای گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل توسط خلیلی و همکاران (Khalili *et al*., 2014) و آدا (Ada, 2013) نیز در گلرنگ انجام شده است.

بر اساس تجزیه خوشه ای ۱۸ ژنوتیپ گلرنگ در چهار گروه دسته بندی شدند. در گروه یک ژنوتیپ‌های شماره ۳، ۴، ۶، ۱۵، ۲۶، ۳۴ و ۳۵ به ترتیب دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در سه سطح تنش شوری و بدون شوری، MP، HM، GMP، STI، Yis، Yip و MST1 بودند (جدول ۱۱). نمودار پراکنش گروه‌های ژنوتیپ ها بر اساس سه شاخص مهم MP، STI و GMP نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲۶،۴، ۳۴ و ۳۵ برتر از شاهد (ژنوتیپ شماره ۳) بودند و ژنوتیپ شماره ۶ در حد شاهد بود (شکل ۵a). همچنین نمودار پراکنش گروه‌های ژنوتیپ ها بر اساس عملکرد دانه در در سه سطح تنش شوری و بدون تنش شوری (۶و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه یک بجز ژنوتیپ شماره ۱۵ که عملکرد دانه کمتری در سه سطح تنش شوری داشت عملکرد دانه بیشتر از شاهد داشتند (شکل ۵b).



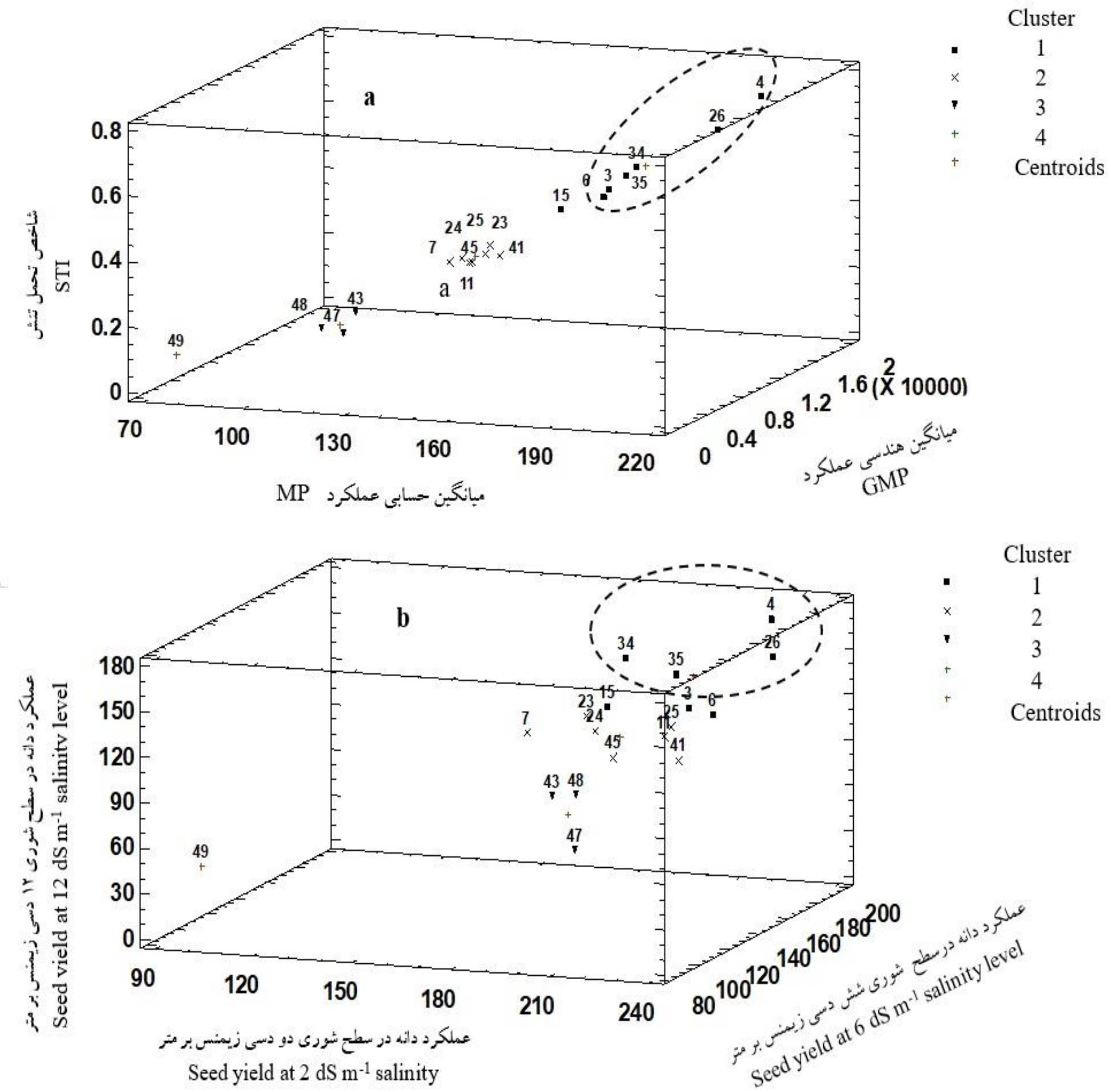
شکل ۴- تجزیه خوشه ای و گروه بندی ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس روش وارد با استفاده از شاخص‌های تحمل (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Fig 4. Cluster analysis of safflower genotypes based stress tolerance indices using Ward method (Data were average of 2016-17 and 2017-18)

جدول ۱۱- میانگین شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه شده در هر گروه (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Table 11. The average of calculated stress tolerance indices in each group (Data were average of 2016-17 and 2017-18)

گروه Group	ژنوتیپ Genotype	میانگین حسابی عملکرد MP	میانگین هارمونی HM	میانگین هندسی عملکرد GMP	شاخص تحمل تنش STI	شاخص عملکرد در شرایط تنش Yis	شاخص عملکرد در شرایط بدون تنش Yip	شاخص تغییر یافته تنش ۱ MSTI1	عملکرد دانه (گرم در متر مربع) در سطوح شوری (دسی زیمنس بر متر) Seed yield (g m^{-2}) at different salinity levels (dS m^{-1}) 2	6	12
1	3-4-6-15-26-34-35	176.17	169.15	14988.90	0.55	1.22	0.90	0.46	209.81	172.56	142.54
2	7-11-23-24-25-41-45	141.99	127.63	9061.43	0.33	0.84	0.80	0.21	186.28	174.67	97.72
3	43-47-48	114.19	79.98	4569.15	0.17	0.45	0.75	0.10	176.21	162.12	52.17
4	49	71.86	61.61	2213.91	0.08	0.38	0.42	0.01	99.00	87.44	44.72



شکل ۵- پراکنش گروه‌های ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس سه شاخص تحمل به تنش (a) و عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری (b) (داده‌ها میانگین سال های ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶)

Fig. 5. Cluster scatter plot of safflower genotypes based on stress tolerance index (a) and seed yield under different salinity levels (b) (Data were average of 2016-17 and 2017-18)

ژنوتیپ‌های انتخابی به ترتیب LRV-57-57، 26-S6-58-11، محلی کردستان، اصفهان ۴، PI-537682 بودند. ژنوتیپ‌های انتخابی گلرنگ بر اساس سه شاخص TOL, GMP و MP دارای عملکرد دانه بالاتری در سطوح مختلف شوری بودند. علاوه بر این

درصد کاهش عملکرد دانه کمتری با افزایش شوری داشتند. بر اساس نتایج این آزمایش پیشنهاد می‌شود گزینش ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون بارندگی یا بارندگی کمتر از ۵۰ میلی‌متر تحت شرایط تنش شوری با آب آبیاری با شوری هشت دسی زیمنس بر متر و ضریب آبشویی ۲۰ درصد نیز انجام شود.

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از کارکنان مرکز ملی تحقیقات شوری که در اجرای این پروژه تحقیقاتی همکاری کردند صمیمانه سپاسگزاری می کنند.

References

Abolhasani, K., and Saeidi, G. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10: 407 -419 (in Persian).

Abravan, P. 2015. Investigation of the effect of irrigation water salinity on yield and yield components of safflower cultivars. National Salinity Research Center AREEO (in Persian).

Ada, R. 2013. Cluster analysis and adaptation study for safflower genotypes. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 103-109.

Anwar, J., Subhani, G. M., Hussain, M., Ahmad, J., Hussain, M., and Munir, M. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany 43: 1527-1530.

Ashraf, M., and Fatima, H. .1995. Responses of salt-tolerant and salt-sensitive lines of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to salt stress. Acta Physiologiae Plantarum 1: 61-70.

Bassil, E. S., and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. Consumptive water use. Agricultural Water Management 54: 67-80.

Feizi, M., Hajabbasi, M. A., and Mostafazadeh-Fard, B. 2010. Saline Irrigation Water Management Strategies for Better Yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in an arid Region. Australian Journal of Crop Science 4: 408-414.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetable and other food crops in temperature and water stress. Taiwan.

Golparvar, A. R., and Pirbalouti, A. G. 2008. Assessment of drought tolerance of spring safflower (*Carthamus tinctorius* l.) cultivars in Isfahan province. Journal of Research in Agricultural Science 4: 11-20.

Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Biology 51: 463-499.

Hussain, M. I., and Al-Dakheel, A. J. 2018. Effect of salinity stress on phenotypic plasticity, yield stability, and signature of stable isotopes of carbon and nitrogen in safflower. Environmental Science and Pollution Research 25: 23685-23694.

Hussain, M. I., Lyra, D. A., Farooq, M., Nikoloudakis, N., and Khalid, N. 2016. Salt and drought stresses in safflower: a review. Agronomy for Sustainable Development 36: 1-31.

Jaradat, A., and Shahid, M. 2006. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East. Genetic Resources and Crop Evolution 53: 225-244.

Khalili, M., Alireza, P. A., Naghavi, M. R., and Mohammad-Amini, E. 2014. Evaluation of drought tolerance in safflower genotypes based on drought tolerance indices. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 42: 214-218.

Maleki Nejad, R., and Majidi, M. M. 2015. Screening for end season drought tolerance in safflower native and exotic germplasm based on sensitivity and tolerance indicators. Journal of Crop Production and Processing 5: 69-81.

Neocleous, D., and Vasilakakis, M. 2007. Effects of NaCl stress on red raspberry (Rubus idaeus L.'Autumn Bliss). Scientia Horticulturae 112: 282-289.

Nikfar, R., and Saeedi, G. 2015. Study of relationships between crop traits and yield components in some safflower breeding lines. Journal of Crop Production and Processing 5: 65-73.

Patil, N. M. 2012. Adaptations in response to salinity in safflower Cv. Bhima. Asian Journal of Crop Science 4: 50-62.

Pourdad, S. S. 2006. Safflower *(Carthamus tinctorius* L.) Markaz Nashre Sepehr Publication (in Persian). 124 pp.

Pourdad, S. S., Alizadeh, K., Azizinegad, R., Shariati, A., Eskandari, M., Khiavi, M., and Nabati, E. 2008.Study on drought resistance in spring safflower (*Carthamus tinctorus* L.) in different locations. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12: 403-415 (in Persian).

Rosielle, A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 943-946.

Wallender, W. W., and Tanji, K. K. 2011. Agricultural salinity assessment and management .American Society of Civil Engineers. 1094 pp.

Yeilaghi, H., Arzani, , Ghaderian, M., Fotovat, R., Feizi, M., and Pourdad, S. S. 2012. Effect of salinity on seed oil content and fatty acid composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Food Chemistry 130: 618-625.